



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Laboratório de Nutrição

### **Nutrição e suplementação no desporto**

Duarte André Sousa Ferreira

---

**ABRIL'2017**



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Laboratório de Nutrição

### **Nutrição e suplementação no desporto**

Duarte André Sousa Ferreira

**Orientado por:**

Professora Doutora Paula Ravasco

---

**ABRIL'2017**

## RESUMO

---

A alimentação deverá ser sempre encarada como uma das bases fundamentais para que um atleta possa atingir bons resultados. Esta deve ser equilibrada e variada, satisfazendo as necessidades individuais. Deve resultar de um equilíbrio entre o consumo energético, a ingestão glicídica, a qualidade proteica e o aporte necessário de água.

Para além disto, a evicção da desidratação, desequilíbrios electrolíticos, depleção do glicogénio, hipoglicémias, desconfortos gastrintestinais e perturbações no equilíbrio ácido-base tornam-se também relevantes no contexto desportivo.

Apenas na eventualidade de os objectivos nutricionais não poderem ser atingidos unicamente com a dieta, o recurso à suplementação poderá ou deverá ser ponderado. Existem diversos suplementos com eficácia e segurança documentados, como as proteínas, aminoácidos de cadeia ramificada, aminoácidos essenciais, proteína *whey* (proteína do soro do leite), caseína, soja, creatina monohidrato, bebidas desportivas, cafeína, bicarbonato de sódio,  $\beta$ -alanina, HMB ( $\beta$ -hidroxi  $\beta$ -metilbutirato), nitratos, fosfato de sódio, ferro, cálcio e vitaminas C, D e E.

### PALAVRAS-CHAVE

- Ergogénico
- Ingestão energética
- Glícidos
- Proteínas
- Aminoácidos de cadeia ramificada
- Aminoácidos essenciais
- *Whey*
- Caseína
- Soja
- Creatina
- Água
- Bebidas desportivas
- Cafeína
- Bicarbonato de sódio
- $\beta$ -alanina
- HMB ( $\beta$ -hidroxi  $\beta$ -metilbutirato)
- Nitratos
- Fosfato de sódio
- Comida desportiva
- Glucosamina
- Condroetina

## ABSTRACT

---

Diet should always be considered a fundamental base for an athlete to achieve good results. It should be balanced and varied, taking into account individual needs. It should result from a balance between energy consumption, carbohydrate intake, protein quality and the necessary water supply.

In addition, avoiding dehydration, electrolyte imbalances, glycogen depletion, hypoglycemia, gastrointestinal discomforts and disturbances in the acid-base balance also becomes relevant in the sports context.

Supplementation may or should only be considered if nutritional goals cannot be achieved with diet alone. There are several supplements with documented effectiveness and safety, such as proteins, branched-chain amino acids, essential amino acids, whey protein, casein, soy, creatine monohydrate, sports drinks, caffeine, sodium bicarbonate,  $\beta$ -alanine, HMB ( $\beta$ -hydroxy  $\beta$ -methylbutyrate), nitrates, sodium phosphate, iron, calcium and vitamins C, D and E.

### KEY WORDS

- Ergogenic
- Energy intake
- Carbohydrates
- Proteins
- Branched-chain amino acids
- Essential amino acids
- *Whey*
- Casein
- Soy
- Creatine
- Water
- Sports drinks
- Caffeine
- Sodium bicarbonate
- $\beta$ -alanine
- HMB ( $\beta$ -hydroxy  $\beta$ -methylbutyrate)
- Nitrates
- Sodium phosphate
- Sports food
- Glucosamine
- Chondroitin

RESUMO .....	3
PALAVRAS-CHAVE .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
ABSTRACT .....	4
ÍNDICE .....	5
INTRODUÇÃO .....	7
MÉTODOS .....	8
DIETA .....	9
Ingestão energética .....	9
Vias energéticas .....	10
Via fosfagénica .....	10
Via glicolítica .....	10
Via oxidativa .....	10
Glícidos .....	11
Fontes de glícidos .....	12
Estratégias para o aumento da disponibilidade de glícidos .....	12
Glícidos e as adaptações ao treino .....	13
Proteínas .....	14
Proteínas e as adaptações ao treino .....	15
Fontes proteicas .....	15
Água .....	16
<i>Timing</i> das refeições .....	16
Antes do exercício .....	16
Durante o exercício .....	17
Após o exercício .....	18
SUPLEMENTAÇÃO .....	20
Proteínas .....	20
Métodos e técnicas de produção .....	20
Aminoácidos de cadeia ramificada .....	21
Aminoácidos essenciais .....	21
Proteína <i>Whey</i> .....	22
Caseína .....	22
Soja .....	22
Creatina monohidrato .....	23
Bebidas desportivas e bebidas energéticas .....	24
Cafeína .....	24
Bicarbonato de sódio .....	25

$\beta$ -alanina .....	25
HMB ( $\beta$ -hidroxi $\beta$ -metilbutirato).....	26
Nitratos .....	27
Fosfato de sódio .....	28
Suplementos médicos .....	28
Glucosamina e Condroetina .....	28
Comida desportiva .....	30
Riscos da suplementação.....	30
<i>Timing</i> da ingestão dos suplementos.....	31
BIBLIOGRAFIA .....	33

## INTRODUÇÃO

---

O sucesso desportivo deve assentar em vários pilares essenciais.

Primeiramente, deve ser sustentado numa dieta equilibrada e variada que satisfaça as necessidades individuais e que resulte de um equilíbrio entre o consumo energético, a ingestão glicídica, a qualidade proteica e o aporte necessário de água.

Em segundo lugar, deve assentar num programa de treino bem estruturado, determinado pelo tipo de exercício (*endurance*, resistência) com um volume, intensidade e/ou frequência que permitam a promoção de adaptações ao exercício.<sup>1,2</sup>

Em terceiro lugar, por um período de descanso e recuperação apropriados.<sup>3</sup>

Por fim, não negligenciar o papel extremamente relevante da genética e que pode também condicionar o desempenho desportivo.

Por forma a potenciar esta capacidade desportiva, surgiram ao longo do tempo diversas estratégias, desde metodologias de treino, dispositivos mecânicos, técnicas psicológicas, práticas nutricionais ou farmacológicas. Todas as que comprovadamente melhorem o desempenho desportivo e/ou promovam as adaptações ao treino, denominam-se ergogénicas.<sup>3</sup>

Com o intuito de identificar estudos publicados em nutrição e suplementação no desporto, foram realizadas pesquisas sistemáticas da literatura nos bancos de dados PubMed, BioMed Central, Scielo e Google Académico, no período compreendido entre Dezembro de 2015 e Fevereiro de 2017.

Para isso, foram utilizados os seguintes termos de pesquisa: “sports nutrition”, “sports nutrition performance”, “sports supplementation”, “sports nutrition supplements”, “protein supplements”, “protein supplementation”, “BCAA supplementation”, “branched-chain amino acids supplementation”, “EAA supplementation”, “essential amino acids supplementation”, “whey protein supplementation”, “casein supplementation”, “soy”, “creatine supplementation”, “sports drinks”, “sodium bicarbonate supplementation”, “β-alanine supplementation”, “HMB supplementation”, “β-hydroxy β-methylbutyrate supplementation”, “nitrates supplementation”, “sodium phosphate supplementation”, “sports supplementation risks” e “sports supplementation adverse effects”. Foi dada primazia a artigos publicados nos últimos 10 anos.

De 84 artigos primeiramente selecionados, foram utilizados 36.

Neste sentido, foram incluídos os artigos em que se abordavam estratégias nutricionais ou suplementos com efeitos ergogénicos comprovados e perfis de segurança reconhecidos, para atletas de variadas modalidades e para exercícios de diferentes intensidades.

Foram utilizados os artigos que relacionavam as necessidades das diversas modalidades. No entanto, artigos que apesar de se focarem maioritariamente numa atividade desportiva, focavam também pontos universais relevantes, foram também utilizados.

Para além disto, foram excluídos os artigos que abordavam suplementos com efeitos ou segurança ainda não muito esclarecidos, duvidosos ou manifestamente prejudiciais. As exceções a esta premissa foram a comida desportiva (barras, géis, suplementos de electrólitos, pós de substituição de refeições ou suplementos de refeições líquidas) e as bebidas energéticas, tendo-se optado pela sua abordagem no contexto do seu consumo frequente e generalizado em atletas.

Para finalizar, foi ainda consultado o livro de texto listado nas referências.<sup>4</sup>



As necessidades e objectivos nutricionais não são estáticos e necessitam de ser personalizados para o atleta, tendo em conta a especificidade do evento desportivo, o desempenho pretendido, a composição corporal ideal para a obtenção desse mesmo desempenho, as preferências a nível alimentar e as possíveis respostas a várias estratégias.<sup>5</sup>

Para além disto, torna-se essencial evitar a desidratação, desequilíbrios electrolíticos, depleção do glicogénio, hipoglicémia, desconforto gastrointestinal e perturbações no equilíbrio ácido-base.<sup>5</sup>

Neste sentido é importante avaliar os objectivos e a intensidade do exercício a que o atleta se vai submeter.

Apenas na eventualidade dos objectivos nutricionais não poderem ser atingidos unicamente com a dieta, o recurso à suplementação poderá e/ou deverá ser ponderado.<sup>3</sup>

Indivíduos com programas de *fitness* gerais, com treinos de baixa intensidade, conseguem satisfazer as suas necessidades energéticas, de glícidos, proteínas ou lípidos com uma dieta regular, não precisando de suplementação.<sup>3</sup>

Por sua vez, treinos com maior intensidade poderão ser optimizados com suplementação para além de uma dieta variada e equilibrada.<sup>3</sup>

### Ingestão energética

Um dos aspectos mais relevantes da nutrição é a ingestão energética, sendo necessário que o atleta consuma uma quantidade suficiente de calorias para suprir os gastos.

Existem diversos factores que podem aumentar as necessidades energéticas acima dos níveis basais, tais como o frio ou calor, altitude, algumas lesões, drogas ou medicamentos (por exemplo a cafeína e a nicotina), o próprio aumento da massa magra e possivelmente a fase lútea do ciclo menstrual.<sup>5</sup>

Neste sentido, atletas com treinos com maior grau de intensidade, atletas de maior peso corporal (100-150kg) ou outra das situações anteriores poderão não conseguir obter energia suficiente só pela dieta, sendo plausível a utilização de suplementos, nomeadamente barras energéticas ou outros suplementos altamente calóricos.<sup>3</sup>

Por outro lado, os gastos energéticos podem ser reduzidos por diminuição da intensidade do treino, pelo envelhecimento, diminuição da massa magra e possivelmente na fase folicular do ciclo menstrual.<sup>5</sup>

Caso a ingestão energética seja inadequada, o défice energético poderá conduzir a perdas significativas de massa muscular, diminuição do desempenho, risco aumentado de lesões, aumento da fadiga, diminuição da capacidade de treino, diminuição da coordenação, diminuição da concentração, irritabilidade e depressão.<sup>3,5,6</sup> Para além disto, pode ainda afectar os ciclos menstruais, a saúde óssea,

o crescimento e desenvolvimento, bem como apresentar consequências a nível dos sistemas imunitário, endócrino, hematológico, psicológico, cardiovascular ou gastrointestinal.<sup>5</sup>

<i>Necessidades energéticas</i>	
<i>Programa de fitness geral</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• 30-40 min/dia, 3x/semana</li></ul>	25-35 kcal/kg/dia
<i>Treino moderado</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• 2-3 horas/dia, 5-6x/semana</li></ul>	50-80 kcal/kg/dia
<i>Treino intenso</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• 3-6 horas/dia, 5-6x/semana</li></ul>	

**Tabela 1.** Necessidades energéticas para diferentes graus de exercício físico.<sup>3</sup>

## Vias energéticas

A obtenção de energia é conseguida através de 3 vias energéticas: a fosfagénica e glicolítica (anaeróbicas) e a via oxidativa (aeróbica).<sup>5</sup>

### Via fosfagénica

O ATP (adenosina trifosfato) e a fosfocreatina fornecem uma fonte rápida de energia para a contracção muscular mas apenas em níveis suficientes para um período até 8-10 segundos.<sup>4,5</sup>

### Via glicolítica

Esta via rapidamente metaboliza a glicose e o glicogénio muscular, sendo responsável pelo fornecimento energético para exercícios entre 10-180 segundos.<sup>5</sup>

### Via oxidativa

Para eventos superiores a aproximadamente 2 minutos, a via oxidativa é a utilizada, sendo os seus principais substratos o glicogénio (muscular e hepático), lípidos intramusculares, triglicéridos do tecido adiposo e aminoácidos do músculo, sangue, fígado e intestinos.<sup>4,5</sup> Conforme o oxigénio se torna mais disponível a nível muscular, esta via torna-se mais utilizada.<sup>5</sup>

		<i>Glicídios</i>	<i>Proteínas</i>	<i>Lípidos</i>
<i>Programa de fitness geral, baixa intensidade</i> 30-40 min/dia, 3x/semana	<i>DIETA NORMAL</i>	3-5 g/kg/dia (45-55%)	0,8-1 g/kg/dia (10-15%)	0,5-1,5 g/kg/dia (25-35%)
<i>Treino moderado</i> 1 hora/dia		5-7 g/kg/dia	1-1,5 g/kg/dia	0,5-1,5 g/kg/dia ou um pouco superior
<i>Treino de moderada/ alta intensidade</i> 1-3 horas/dia		6-10 g/kg/dia ou 7-12 g/kg/dia		
<i>Treino de alta intensidade</i> >4-5 horas/dia		8-12 g/kg/dia ou 10-12 g/kg/dia	1,5-2 g/kg/dia	
			<b>Indivíduos idosos:</b> 1-1,2 g/kg/dia  <b>Lesões:</b> 2 g/kg/dia ou mais	<b>Perda de peso:</b> 0,5-1 g/kg/dia

**Tabela 2.** Necessidades nutricionais diárias para diferentes graus de exercício físico.<sup>3,5,6</sup>

## Glicídios

As reservas de glicídios são limitadas e podem apresentar variações relevantes pela constituição da dieta ou pelo exercício realizado.<sup>5</sup>

O glicogénio muscular e a glicose sanguínea constituem substratos musculares relevantes tanto para as vias anaeróbica como aeróbica, bem como para o sistema nervoso central, sendo as principais fontes energéticas em exercícios de maior intensidade.<sup>5,7</sup>

Com o prolongar do exercício, os glicídios perdem preponderância para a oxidação lipídica.<sup>7</sup>

A utilização de glicídios como substrato apresenta vantagens em relação aos lípidos, uma vez que proporciona uma maior produção de ATP por volume de oxigénio, aumentando a eficiência do exercício.<sup>5</sup>

Atletas menos treinados utilizam os glicídios a um maior ritmo do que atletas bem treinados.<sup>8</sup>

É fundamental a ingestão de glicídios para manter e/ou maximizar as reservas de glicogénio tanto hepáticas como musculares.<sup>3,9</sup> As reservas de glicogénio, são um factor limitante para o desempenho em exercícios prolongados de moderada e alta intensidades, sendo que com o aumento destas a *endurance* também aumenta.<sup>5,8,10</sup> Com a depleção das reservas de glicogénio, a concentração, habilidade motora, intensidade e rendimento diminuem, enquanto que, por sua vez, a fadiga, as lesões musculares e a imunossupressão aumentam.<sup>5,11</sup>

A altura da ingestão dos glúcidos ao longo do dia pode ser ponderada de forma a proporcionar uma disponibilidade alta destes para uma sessão específica, podendo ser ingeridos antes, durante ou após o exercício.<sup>5</sup> De outra forma, desde que a dose recomendada diária seja atingida, o padrão de ingestão poderá ser somente guiado pela conveniência ou preferências pessoais.<sup>5</sup>

Atletas com treinos de intensidade moderada ou alta necessitam de maiores quantidades de glúcidos e proteínas na sua dieta.<sup>3</sup> Assim sendo, e dado que a ingestão de tamanhas quantidades de glúcidos é por vezes impraticável, estes atletas poderão consumir bebidas desportivas ou consumir outros suplementos por forma a suprir as suas necessidades.<sup>3</sup>

#### Fontes de glúcidos

A glicose, frutose e a sacarose são facilmente digeridas.<sup>3</sup> Contudo, a frutose deverá ser consumida em menores quantidades dado ser mais lentamente absorvida e potenciar o aparecimento de alterações gastrintestinais.<sup>3</sup> As combinações de glicose e sacarose ou maltodextrina e frutose são as que representam os maiores níveis de oxidação, otimizando ao máximo os níveis de glúcidos disponíveis.<sup>3</sup>

Por forma a evitar problemas gastrintestinais no treino ou competição, refeições ricas em gordura, proteínas ou fibras poderão ter de ser evitadas.<sup>5</sup>

#### Estratégias para o aumento da disponibilidade de glúcidos

Para maximizar as reservas de glicogénio estudos recentes indicam que o reforço glicídico durante 24 horas poderá ser suficiente para exercícios com duração inferior a 90 minutos, sendo recomendada para este efeito a ingestão de 7-12 g/kg/dia de glúcidos.<sup>5,6,9</sup>

Para exercícios com duração superior a 90 minutos é recomendada a ingestão de 10-12 g/kg/dia nas 36-48 horas anteriores.<sup>9</sup> Esta estratégia conduz a um aumento das reservas de glicogénio, da oxidação glicídica, do tempo até à exaustão e melhora o desempenho.<sup>9</sup>

O consumo imediato de glúcidos depois do exercício é mais relevante quando a próxima sessão de exercício é nas 8 horas seguintes, o mesmo se passando com o consumo de proteínas.<sup>9</sup> Assim sendo, dever-se-ão ingerir 1-1,2 g/kg/hora de glúcidos nas primeiras 4 horas, retomando-se depois as doses diárias recomendadas.<sup>9</sup> Quando o tempo de recuperação é maior a frequência da alimentação torna-se menos relevante.<sup>9</sup>

<i><b>Glúcidos</b></i>		
<b>ABASTECIMENTO GERAL</b>	<i>Preparação para eventos &lt;90 minutos</i>	7-12 g/kg/dia como dose diária recomendada
<b>CARGA DE GLÚCIDOS</b>	<i>Preparação para eventos &gt;90 minutos</i>	10-12 g/kg/dia nas 36-48h anteriores
<b>ABASTECIMENTO RÁPIDO</b>	<b>&lt;8 horas de recuperação entre sessões exigentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-1,2 g/kg/hora nas primeiras 4 horas</li> <li>• Depois retomar doses diárias recomendadas</li> </ul>

**Tabela 3.** Estratégias para o aumento da disponibilidade de glúcidos.<sup>5,6,9</sup>

#### Glúcidos e as adaptações ao treino

Para além da sua importância como substrato muscular, o glicogénio desempenha também um papel relevante na regulação das adaptações musculares ao treino.<sup>5</sup> Neste sentido, o início de uma sessão de exercício de *endurance* com baixos depósitos de glicogénio a nível muscular proporciona um aumento de respostas ao exercício, nomeadamente ao nível da transcrição e da pós-tradução.<sup>5</sup> Isto leva a um aumento da actividade enzimática mitocondrial máxima, do conteúdo mitocondrial, dos índices de oxidação lipídica e a uma maior resistência à fadiga.<sup>5,12</sup>

Desta forma, em alguns casos, quando o objectivo é aumentar o estímulo do treino ou a resposta adaptativa, a ingestão de glúcidos pode ser diminuída ou regulada pela metodologia de treino.<sup>5</sup> Neste último caso, estas estratégias vão desde treinos em jejum a segundas sessões de treino sem ingestão glicídica após a primeira sessão.<sup>5,12</sup> Estes treinos, no entanto, não proporcionam directamente uma melhoria no desempenho, uma vez que são responsáveis por uma menor intensidade e duração do exercício.<sup>5</sup> Para além disto, esta metodologia quando utilizada por períodos muito longos pode ser responsável por diminuição do sistema imunitário, diminuição da capacidade de oxidação glicídica durante uma competição e a uma maior oxidação proteica.<sup>12</sup>

Para competir, estes atletas voltam a potenciar as reservas de glicogénio, tentando atingir o máximo desempenho.<sup>12</sup>

## Proteínas

A ingestão de proteínas representa tanto um substrato como um desencadeante para a síntese proteica, promovendo ainda a ressíntese de glicogénio e o aumento de alterações estruturais em tendões e ossos.<sup>5</sup>

Estas adaptações ocorrem por resposta a um aumento das concentrações de leucina e ao fornecimento de uma fonte exógena de aminoácidos para incorporação em novas proteínas, levando à estimulação da síntese proteica.<sup>5</sup>

No entanto, não existe evidência com estudos controlados de que a suplementação proteica melhore directamente o desempenho.<sup>5</sup>

A ingestão de proteínas após o exercício e ao longo do dia seguinte parece ter uma maior influência na síntese muscular proteica do que a ingestão pré-exercício e durante o mesmo.<sup>5</sup>

Os atletas com o objectivo de aumentar a síntese muscular proteica em exercícios de resistência e os que procuram melhorar a recuperação de exercícios de ultra-*endurance* poderão ser os mais beneficiados pelo consumo de proteínas antes e durante o exercício.<sup>5</sup>

As doses de proteínas são diferentes consoante o grau de intensidade dos treinos (Tabela 2).

Atletas com treinos de intensidade moderada ou alta necessitam de uma maior ingestão de proteínas do que indivíduos com programas de *fitness* gerais ou indivíduos que não praticam desporto.<sup>3</sup> Assim sendo, atletas que realizem treinos de alta intensidade necessitam de cerca do dobro da dose diária recomendada (que é cerca de 0,8-1 g/kg/dia), por forma a manter o balanço proteico.<sup>3</sup>

A ingestão proteica na dieta necessária para suportar as adaptações metabólicas, a reparação, remodelação e renovação das fibras musculares varia entre 1,2-2 g/kg/dia<sup>5,7</sup>. Podem ser indicadas doses mais elevadas durante curtos períodos em treinos mais intensos ou quando se reduz a ingestão energética.<sup>5</sup>

Os atletas de força, potência ou velocidade poderão necessitar de doses mais elevadas de proteínas do que atletas de *endurance*.<sup>13</sup> Alguns autores consideram que a ingestão de proteínas em exercícios de *endurance* deverá então ser de 1-1,6 g/kg/dia, enquanto que para exercícios de força e potência deverá ser de 1,6-2 g/kg/dia.<sup>1</sup> Para desportos intermitentes, deverá ser de 1,4-2 g/kg/dia.<sup>1</sup>

A ingestão energética adequada, particularmente por parte dos glícidos, é extremamente relevante, por forma a que os aminoácidos não sejam oxidados e estejam disponíveis para a síntese proteica.<sup>5</sup>

Em casos de restrição energética ou lesões, níveis elevados de ingestão de proteínas (2 g/kg/dia ou mais elevados) podem ser importantes na manutenção da massa muscular.<sup>5</sup>

Caso os valores recomendados não sejam atingidos, os atletas podem ter recuperações mais lentas, maiores dificuldades na adaptação ao exercício e aumento do catabolismo proteico, levando potencialmente a perda muscular e a uma recuperação mais lenta pós-exercício.<sup>3,13</sup>

Ao contrário do que é por vezes referido, em indivíduos saudáveis não parece haver quaisquer efeitos adversos de um consumo elevado de proteínas a nível renal, devendo o consumo de proteínas ser apenas monitorizado no caso de doentes insuficientes renais.<sup>1,14</sup>

### Proteínas e as adaptações ao treino

Nas 24 horas seguintes a uma sessão de exercício (ou até 48/72 horas dependendo dos autores) o metabolismo proteico sofre alterações.<sup>5,7,15</sup> Neste sentido, durante esta fase de recuperação, o *timing* de ingestão e a fonte proteica podem potenciar a síntese proteica e a hipertrofia muscular.<sup>5,7,15</sup>

### Fontes proteicas

Para além da quantidade de proteína outro conceito importante é o da qualidade. É importante ter em conta as muitas diferenças entre as diversas proteínas, diferenças estas que vão desde origens distintas, quantidade e tipo de aminoácidos, facilidade de digestão e absorção, biodisponibilidade e até métodos de processamento e isolamento.<sup>3,7,14</sup>

De uma forma objectiva a qualidade proteica é avaliada pelo seu conteúdo de aminoácidos essenciais e digestibilidade, através de várias escalas e técnicas.<sup>13,14</sup>

As fontes animais diferem das vegetais na medida em que as animais fornecem todos os aminoácidos essenciais, enquanto que as vegetais não (à excepção da soja).<sup>13,14</sup> As fontes vegetais precisarão então de ser combinadas entre si para fornecerem todos os aminoácidos essenciais.<sup>14</sup>

As melhores fontes de proteína e com baixo teor lipídico são a galinha, peixe, clara do ovo e proteínas do leite (caseína e *whey*).<sup>3</sup>

Estas proteínas lácteas parecem ser superiores aos outros tipos de proteínas, em grande parte devido ao teor de leucina, mas também à digestão e cinética de absorção de aminoácidos de cadeia ramificada nos produtos lácteos líquidos.<sup>5</sup>

### Lípidos

Os lípidos são constituintes essenciais da dieta, sendo responsáveis pelo fornecimento de energia, sendo elementos essenciais das membranas celulares e facilitando a absorção de vitaminas lipossolúveis.<sup>5</sup>

A ingestão de lípidos em atletas recobre-se de extrema importância no que toca ao balanço energético, reposição dos depósitos de triacilglicerol intramuscular e consumo de ácidos gordos essenciais.<sup>3</sup>

A dose recomendada de lípidos para atletas é semelhante ou ligeiramente superior à recomendada para não-atletas (0,5-1,5 g/kg/dia ou um pouco superior).<sup>3</sup>

Para a maioria dos atletas, a dose recomendada de lípidos deve ser entre 20-35% do consumo total de energia.<sup>5</sup> A proporção de lípidos saturados deve ser menor do que 10%.<sup>5</sup>

Para perda de massa gorda, o recomendado é a ingestão de 0,5-1 g/kg/dia.<sup>3</sup>

## Água

A água é fundamental na prática de exercício físico, sendo a sua ingestão o maior condicionante individual do desempenho no decurso do exercício.<sup>8</sup>

Assim sendo, a hipohidratação e a desidratação podem aumentar a percepção do esforço e prejudicar severamente o desempenho quando 2% ou mais do peso corporal é perdido pelo suor.<sup>3,5,9</sup> Caso a perda ponderal atinja os 4% as consequências serão mais graves, podendo até culminar na morte do indivíduo.<sup>3</sup>

Para a manutenção da hidratação, a ingestão de água ou bebidas com glicose e electrólitos são recomendadas.<sup>3</sup>

## Frequência das refeições

A frequência das refeições é um dos temas mais controversos na nutrição.

O aumento da frequência das refeições parece ter um efeito positivo nos valores de LDL, colesterol total e insulina.<sup>16</sup> Para além disto, pode ajudar a diminuir a fome, pode contribuir para o aumento da massa magra e diminuição da massa gorda e aumentar o poder anaeróbico.<sup>16</sup>

O aumento da frequência das refeições não parece intervir na termogénese, energia total dispendida ou na taxa metabólica de repouso, nem parece alterar a composição corporal em populações sedentárias.<sup>16</sup>

## Timing das refeições

A altura e composição das refeições constitui um papel importante nas adaptações fisiológicas decorrentes do treino e no aumento do desempenho.<sup>3</sup>

### Antes do exercício

Antes do treino ou competição é importante potenciar os depósitos de glicogénio, sendo utilizadas para isso as estratégias já anteriormente referidas, sendo ainda relevante potenciar a



hidratação e manter o conforto gastrointestinal.<sup>5,8</sup> Por forma a evitar complicações gastrointestinais deve ser dada primazia a refeições com baixo conteúdo de gordura e fibra e baixo a moderado conteúdo de proteína.<sup>5</sup>

Os glícidos são particularmente importantes em eventos de manhã, por forma a repor o glicogénio hepático após o jejum nocturno.<sup>5</sup>

Uma refeição pré-treino com 300-400g de glícidos deve ser consumida cerca de 4-6 horas antes do exercício, isto porque os glícidos levam cerca de 4 horas a serem digeridos e a começarem a ser armazenados como glicogénio no fígado e no músculo.<sup>3,7</sup>

2-4 horas antes do exercício os atletas deverão ingerir 5-10 mL/kg de líquidos.<sup>5</sup>

1-4 horas antes do exercício, para exercícios superiores a 60 minutos, devem ser ingeridas refeições ou snacks com 1-4 g/kg de glícidos.<sup>5,7</sup>

Outra opção será a ingestão de um lanche leve de cerca de 50g de glícidos e 5-10g de proteínas 30-60 minutos antes do exercício, permitindo um aumento da disponibilidade dos aminoácidos e uma diminuição do catabolismo das proteínas induzido pelo exercício.<sup>3</sup>

Em desportos cujas competições pressuponham divisões de peso (desportos de combate ou levantamento de pesos) são frequentemente utilizadas práticas de perda de peso antes da competição.<sup>5</sup> Estas práticas visam a obtenção de uma vantagem competitiva, podendo, no entanto, levar à hipohidratação, perda das reservas de glicogénio (até 30-50%) e perda de massa muscular, pondo em causa a saúde e o desempenho, não sendo por isso recomendadas.<sup>5,17</sup>

#### Durante o exercício

A ingestão de glícidos durante o exercício ajuda a manter os níveis de glicose sanguíneos, prevenindo hipoglicémias, promove a poupança de glicogénio, fornece um substrato para o músculo, activa os centros de recompensa no sistema nervoso central e diminui os efeitos imunossupressores do exercício intenso.<sup>3,5,9,12</sup>

Para exercícios entre 45-75 minutos o contacto frequente de glícidos com a boca e cavidade oral (mouth rinse) pode estimular regiões do cérebro e do sistema nervoso central relacionadas com a recompensa, aumentando percepções de bem-estar e o desempenho.<sup>5-7</sup> O desempenho neste caso parece ser sobreponível à ingestão de bebidas com conteúdo glicídico.<sup>7</sup>

No caso do exercício durar mais de 1 hora, os atletas deverão ingerir regularmente de 15/15 ou 20/20 minutos bebidas ricas em glícidos e electrólitos (Tabela 3).<sup>3,8,9</sup>

Tendo em conta que conseguimos oxidar 1-1,1g de glícidos/minuto, é recomendada a ingestão de 0,7 g/kg/hora de glícidos numa solução a 6-8% (vide bebidas desportivas).<sup>3</sup> Para concentrações de glícidos superiores a 8% há uma diminuição da velocidade de esvaziamento gástrico, atrasando a absorção.<sup>6</sup> A oxidação pode ser potenciada para 1,8 g/min com a adição de sacarose ou frutose à solução.<sup>12</sup>

Para exercícios com duração compreendida entre 1 e 2,5 horas a dose indicada de glícidos é de 30-60 g/hora, sendo que em exercícios mais prolongados dever-se-ão ingerir 90 g/hora.<sup>5</sup> Neste último caso poder-se-ão associar 60 g/h de glucose com 30 g/h de frutose.<sup>7</sup>

A sudorese normal de atletas encontra-se situada em valores entre 0,5-2 L/h<sup>3</sup> ou 0,3-2,4 L/h<sup>5</sup> dependendo dos autores. Assim sendo, durante o exercício, e por forma a restabelecer o balanço hídrico e prevenir a desidratação, os atletas deverão ingerir o valor total das suas perdas pelo suor.<sup>3</sup>

Por outro lado, em atletas com elevada sudorese (>1,2 L/h), suor com perdas relevantes de sais ou exercício muito prolongado (>2h), por forma a evitar a hiponatremia poderá ser necessária a ingestão de sódio.<sup>5</sup>

A menos que a ingestão de sódio seja adequada nestas situações, grande parte dos líquidos ingeridos irão apenas aumentar o débito urinário.<sup>17</sup> Pelo suor são perdidos em média 920-1150 mg/L de sódio, sendo que a a rehidratação óptima pode ser conseguida pela reposição de 50-60 mmol/L de sódio.<sup>8,17</sup>

#### Após o exercício

Nesta fase, os principais objectivos são acelerar a ressíntese de glicogénio, promover o anabolismo e a recuperação, sendo a ingestão proteica e glicídica relevantes.<sup>3</sup>

A coingestão de glícidos e proteínas durante o período de recuperação, numa proporção de 3:1, leva a um melhor balanço proteico no pós-exercício, promovendo maiores ganhos a nível de força.<sup>3</sup> Se a ingestão for realizada logo após o exercício as adaptações ao treino poderão representar cerca do dobro do que se a ingestão for só após 2 horas.<sup>3</sup>

Para além disto, a ingestão proteica após o exercício acelera a recuperação e potencia a repleção de glicogénio em situações de restrição energética e/ou baixa disponibilidade glicídica.<sup>5</sup>

Nos 30 minutos após o exercício, os atletas deverão consumir 1g/kg de glícidos e 0,5 g/kg de proteína.<sup>3</sup> O fluxo sanguíneo ainda aumentado e a maior sensibilidade à insulina levam a que esta ingestão rápida de glícidos seja a ideal para a ressíntese do glicogénio.<sup>8</sup>

Até 2 horas após o exercício a síntese proteica muscular é potenciada pela ingestão de 0,25-0,3 g/kg de proteínas de alto valor biológico (cerca de 10g de aminoácidos essenciais).<sup>5</sup> Associada a esta, poder-se-á também ingerir uma refeição com alto teor de glícidos.<sup>3</sup>

Até às 3 horas seguintes, por forma a estimular a síntese proteica, poder-se-ão ingerir cerca de 6-20g de aminoácidos essenciais e 30-40g de glícidos.<sup>3</sup>

Até às 4-6 horas seguintes devem-se ingerir 1-1,2 g/kg/h de glícidos ou 0,8 g/kg/h associados a 0,4 g/kg/h de proteína.<sup>5,7</sup>

De 3-24 horas seguintes a ingestão de proteínas recomendada é de 0,3 g/kg de 3/3 ou de 5/5 horas em várias refeições.<sup>5</sup>

A ingestão proteica antes de dormir pode também ser relevante.<sup>7</sup>

Alguns autores consideram que a síntese muscular de proteínas pode ser potenciada em repouso ou após exercícios de resistência ou aeróbicos intensos pela ingestão de apenas 20g de proteínas de alta qualidade.<sup>9,18</sup> Neste sentido, no caso dos idosos, sendo estes menos sensíveis a estas doses de proteína, a dose que recomendam é de cerca de 40g ou 0,4g/kg.<sup>18</sup>

A nível da reposição de água,, a ingestão de um valor entre 125-150% das perdas restantes de suor que ainda não foram repostas é recomendada.<sup>5</sup>

De uma forma geral, a cada 1 kg de peso perdido no exercício corresponde 1L de suor perdido, sendo então importante o controlo do peso no pós-treino.<sup>5</sup>

No pós-exercício a ingestão de sódio também é relevante.<sup>5</sup> Os restantes electrólitos, nomeadamente potássio, magnésio e cálcio podem ser repostos pelo consumo de fruta.<sup>19</sup>

		<i>Glúcidos</i>	<i>Proteínas</i>	<i>Água</i>
<i>Antes</i>	36-48 horas antes para exercícios > 90 minutos	10-12 g/kg/dia		
	24 horas antes para exercícios < 90 minutos	7-12 g/kg/dia		
	4-6 horas antes (refeição)	300-400g		
	2-4 horas antes do exercício			5-10 mL/kg
	• 1-4 horas antes para exercícios > 60 minutos (refeição/ <i>snack</i> )	1-4 g/kg		
	• ou 30-60 minutos antes (lanche)	50g	5-10g	
<i>Durante</i>	Exercício < 45 minutos	-		0,5-2 L/h ou 0,3-2,4 L/h de 5/5 ou 15/15 minutos  + sódio (50-60 mmol/L) se sudorese >1,2 L/h ou exercício >2h
	Exercício de 45-75 minutos	Pequenas quantidades, mouth rinse		
	Exercício de 1-2,5h	30-60 g/hora	0,7 g/kg/hora	
	Exercício > 2,5	Até 90g/hora	solução a 6-8%	
<i>Depois</i>	Até 30 minutos após	1g/kg	0,5 g/kg	valor entre 125-150% das perdas restantes que ainda não foram repostas
	Até 2 horas após	Refeição com alto teor de glúcidos	0,25-0,3 g/kg (10g de aminoácidos essenciais)	
	Até 3 horas após	30-40g	(6-20g de aminoácidos essenciais)	
	Até 4-6 horas após	1-1,2 g/kg/h ou 0,8 g/kg/h	0,4 g/kg/h	
	De 3-24 horas após		0,3 g/kg de 3/3 ou 5/5 horas em várias refeições	

**Tabela 4.** Esquema das refeições. A associação de várias destas indicações pode ser realizada; não deve ser ultrapassado o valor máximo recomendado para cada classe nutricional.<sup>3,5-7,9,17</sup>

A prevalência da suplementação entre os atletas está estimada a nível internacional em valores entre os 37-89%, sendo os atletas de alto rendimento e os mais velhos os principais utilizadores.<sup>5,20,21</sup> A prevalência é semelhante entre os homens e as mulheres, sendo que no entanto, as mulheres recorrem mais a suplementos de ferro, enquanto que os homens utilizam mais a vitamina E, proteínas e a creatina.<sup>21</sup>

As recomendações de suplementação devem ser conservadoras e direccionadas principalmente para a optimização da recuperação e adaptação ao treino, sendo o mais relevante a melhoria ou manutenção da qualidade geral da dieta.<sup>5</sup>

A suplementação da dieta pode ser relevante no sentido de ajudar os atletas a consumirem as doses adequadas de calorias, glícidos e proteínas na sua dieta. No entanto, devem ser encarados como suplementos à dieta e não substitutos de uma dieta variada e equilibrada.<sup>3</sup>

Os atletas usam suplementos por 6 motivos essenciais: potenciar o desempenho, ajudar na recuperação, beneficiar a saúde, tratar ou prevenir alguma doença, tentar compensar uma dieta pobre ou para manipular a imagem corporal.<sup>5,7,20</sup>

Os suplementos com eficácia e segurança documentados, são as proteínas, aminoácidos de cadeia ramificada, aminoácidos essenciais, *whey*, caseína, soja, creatina monohidrato, bebidas desportivas, cafeína, bicarbonato de sódio,  $\beta$ -alanina, HMB, nitratos, fosfato de sódio, ferro, cálcio e vitaminas C, D e E.

### Proteínas

Por forma a atingirem os valores proteicos recomendados, os atletas (especialmente os que realizam treinos de alta intensidade) podem necessitar de suplementação proteica.

Por outro lado, caso haja ingestão de proteínas para lá dos valores recomendados não existem evidências de maiores ganhos em massa muscular e força.<sup>3</sup>

A suplementação de proteínas leva a maiores aumentos da massa corporal, massa muscular e força.<sup>11</sup> Estes efeitos são visíveis em programas de treino com duração superior a 8 semanas.<sup>22</sup> Pode promover vantagens em desportos anaeróbicos e aeróbicos.<sup>22</sup>

#### Métodos e técnicas de produção

As diferentes fontes e métodos de purificação poderão afectar a biodisponibilidade dos aminoácidos.<sup>1</sup> As proteínas podem-se encontrar concentradas, isoladas e hidrolizadas, diferindo entre si na concentração de proteína.<sup>13</sup>

Um concentrado representa 34-89% de proteína/peso, a proteína isolada mais de 90%.<sup>13</sup>

As proteínas hidrolizadas resultam da exposição da proteína a hidrólise enzimática ou química, permitindo uma melhor digestibilidade.<sup>13</sup> Assim, estas podem potenciar a absorção e uso das proteínas imediatamente após o exercício a nível muscular.<sup>6,8</sup> Para além disto, por apresentarem fracções peptídicas menores, reduzem as reacções imunológicas como as alergias.<sup>23</sup>

#### Aminoácidos de cadeia ramificada

A leucina, isoleucina e valina constituem os denominados aminoácidos de cadeia ramificada e representam cerca de um terço das proteínas musculares esqueléticas.<sup>1,24-26</sup> Enquanto que os outros aminoácidos são metabolizados no fígado, estes são metabolizados nos tecidos periféricos, particularmente no músculo esquelético, sendo mais eficientes a nível energético que a própria glicose.<sup>25,26</sup> Assim sendo, estes são utilizados no decurso do exercício como energia.<sup>26</sup>

A leucina parece desempenhar o papel mais relevante no que toca à síntese proteica.<sup>1,24</sup>

A suplementação com aminoácidos de cadeia ramificada melhora o desempenho, estimula a síntese proteica na fase de recuperação e diminui a degradação proteica, aumenta a massa muscular, estimula a resssíntese de glicogénio, promove a oxidação de ácidos gordos, diminui a percepção de fadiga e melhora a resposta imunológica.<sup>1,3,6,24,25</sup>

A diminuição da fadiga é explicada pelo facto dos aminoácidos de cadeia ramificada competirem com o triptofano a nível cerebral, sendo este um precursor da serotonina, que por sua vez é um mediador da fadiga.<sup>25,27</sup>

Por outro lado, estes aminoácidos podem ser convertidos a alanina ou glutamina no músculo, que por sua vez podem ser convertidas em glicose no fígado.<sup>26</sup>

Os aminoácidos de cadeia ramificada, podem ser ingeridos na dose de 6-10 g/hora<sup>3</sup> ou 6-12 g/hora<sup>24</sup>, dependendo dos autores, podem ser associados a glícidos e podem ser consumidos antes, durante e após o exercício.<sup>6</sup>

A razão leucina: isoleucina: valina deve ser de 2/3:1:1g.<sup>1,24</sup> Assim sendo dever-se-à ingerir mais de 45 mg/kg/dia de leucina associada a mais de 22,5 mg/kg/dia tanto de isoleucina como de valina.<sup>1</sup>

A sua eficácia ao nível da síntese de massa muscular é sobreponível à ingestão simultânea de uma mistura de todos os aminoácidos essenciais.<sup>6</sup>

#### Aminoácidos essenciais

Os aminoácidos essenciais englobam os aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina), fenilalanina, metionina, triptofano, treonina e a lisina.<sup>26</sup> Os aminoácidos de cadeia ramificada constituem 40% das necessidades de aminoácidos essenciais.<sup>26</sup>

No que diz respeito aos aminoácidos essenciais, a ingestão de 6-20<sup>3</sup> ou 6-12g<sup>28</sup> destes antes

mas sobretudo imediatamente depois ou nas 3 horas seguintes ao exercício potencia a síntese proteica.<sup>28</sup>

### Proteína *Whey*

*Whey*, ou soro do leite, corresponde à porção líquida do leite resultante do processo de fabrico do queijo.<sup>13,14,29</sup> A partir deste soro, a proteína *whey* é separada e purificada.<sup>14</sup>

A proteína *whey* representa cerca de 20% do teor proteico do leite bovino.<sup>14,29</sup>

A *whey* representa uma fonte relevante de aminoácidos essenciais e de cadeia ramificada, sendo a fonte proteica com maior quantidade de aminoácidos essenciais, inclusivamente de leucina.<sup>7,13,14,29</sup>

A ingestão de proteína *whey* promove a síntese de proteínas miofibrilares musculares, o aumento da força, da *endurance* e a diminuição da fadiga.<sup>6,24</sup>

Esta pode ser ingerida em doses de 20g de 3/3 horas após exercícios de resistência, podendo ser consumida em concentrado ou na sua forma isolada.<sup>9,14</sup> Outros autores referem a dose de 20-40 g de *whey* isolada como ideal.<sup>6,13</sup>

A *whey* tem um padrão de cinética digestivo mais rápido que a caseína o que leva a maiores aumentos de síntese proteica após a ingestão, sem alterações na degradação proteica.<sup>11</sup>

A síntese proteica obtida com *whey* é também superior à obtida com a soja.<sup>22</sup>

A associação de *whey* à caseína ou a aminoácidos de cadeia ramificada pode promover maiores ganhos em massa muscular e força.<sup>22</sup>

### Caseína

A caseína corresponde à porção espessa do leite que resulta do processo de fabrico do queijo.<sup>13,14,29</sup>

A caseína constitui cerca de 80% do teor proteico do leite, sendo a proporção de caseína-*whey* no leite cerca de 4:1.<sup>7,13,14,29</sup>

Por sua vez, a caseína liberta os seus aminoácidos de uma forma mais lenta no intestino, levando a uma menor síntese mas a um maior controlo do catabolismo proteico.<sup>11,13</sup>

A caseína poderá representar uma maior melhoria no balanço proteico do que a *whey*.<sup>11</sup>

### Soja

A soja na sua versão isolada pode ser considerada como fonte de todos os aminoácidos essenciais.<sup>13</sup>

A soja apresenta uma digestibilidade intermédia, sendo mais rápida que a caseína mas mais lenta que a *whey*.<sup>13</sup>

A nível de síntese proteica aparenta ser mais eficaz que a caseína.<sup>13</sup>

## Creatina monohidrato

A creatina é um composto azotado não proteico que é sintetizada endogenamente no fígado e no pâncreas, encontrando-se 95% da creatina no músculo esquelético.<sup>7,30</sup>

Na dieta, as fontes de creatina são a carne e o peixe.<sup>30</sup> Este suplemento pode então ser particularmente interessante para atletas vegetarianos que podem assim compensar as baixas reservas de creatina intramuscular e fosfocreatina, derivadas das suas escolhas alimentares.<sup>6</sup>

A suplementação de creatina leva a um aumento de fosfocreatina a nível muscular, aumentando o ritmo de ressíntese do ATP, durante e após o exercício.<sup>30</sup> A suplementação de creatina pode servir ainda como co-factor na transcrição génica, aumentando a síntese proteica muscular, e aumentando os depósitos de glicogénio no músculo.<sup>5,7</sup>

Esta é provavelmente a melhor opção ao nível do aumento da capacidade para exercícios de alta intensidade, da massa muscular e força.<sup>3</sup> O aumento da capacidade para estes exercícios permite ao atleta treinar mais arduamente, promovendo maiores adaptações e um aumento de massa muscular, culminando no aumento do desempenho.<sup>3</sup> A creatina pode ainda diminuir a incidência de lesões.<sup>3</sup>

A creatina é então benéfica em exercícios anaeróbios de curta duração, com alta intensidade e com períodos de recuperação curtos, como por exemplo o levantamento de pesos, sprints ou o HIIT (*high intensity interval training*).<sup>3,12</sup> Para além destes treinos intervalados e de resistência, é também benéfica em desportos de equipa.<sup>12</sup>

A suplementação com creatina é segura, devendo ser ingerida de acordo com as guidelines.<sup>3</sup>

Deve-se ingerir cerca de 0,3 g/kg/dia de creatina nos primeiros 3 dias<sup>3</sup> ou durante 5-7 dias<sup>7</sup> dependendo da literatura, por forma a aumentar os depósitos musculares de creatina (dose de carga). Nos dias seguintes, por forma a manter os depósitos altos, a dose recomendada é de 0,03 g/kg/dia (dose de manutenção).<sup>3,7</sup>

A creatina deve ser ingerida no pós-exercício e às refeições.<sup>7</sup> A associação de glícidos e proteínas à creatina monohidrato parece aumentar a retenção de creatina.<sup>3</sup>

O principal efeito potencialmente adverso é a propensão para o aumento de peso até cerca de 2% (0,6-1 kg), especialmente na fase de dose de carga.<sup>5,7</sup> Isto deve-se ao aumento do conteúdo de água a nível muscular e ao efeito osmótico causado pelo aumento das concentrações intracelulares de fosfocreatina e creatina, bem como por um maior armazenamento de glicogénio no músculo.<sup>7</sup> Esta maior acumulação de água poderá levar a uma redução da amplitude activa das articulações, sendo que para além disto a creatina poderá também causar desconforto gastrointestinal.<sup>5,7</sup>

Existem diversos tipos de suplementos de creatina, sendo a creatina monohidrato a mais utilizada pela sua segurança a longo prazo, sendo que as outras formas de creatina não se encontram tão bem estudadas.<sup>7</sup>

## Bebidas desportivas e bebidas energéticas

As bebidas desportivas e energéticas apesar de consumidas muitas vezes de forma indiferente têm composições diferentes.<sup>31</sup> As bebidas desportivas são uma boa opção de suplementação, contudo, a ingestão de bebidas energéticas não é recomendada.<sup>31</sup>

As bebidas desportivas são constituídas por água, glícidos, em valores que variam geralmente entre os 6-8%, e electrólitos (sódio, potássio, cálcio, magnésio).<sup>31,32</sup>

Estas bebidas são utilizadas de forma a promover a hidratação, repor os electrólitos e melhorar a resistência e o desempenho.<sup>31,32</sup>

Estas bebidas, pelo seu efeito ergogénico, poderão ser consumidas em treinos superiores a 1 hora como já referido, sendo, no entanto, importante salientar que deverá ser controlado o consumo calórico.<sup>3,8,31</sup>

As bebidas energéticas, por sua vez, são aquelas que, para além de glícidos (até em maiores quantidades), têm estimulantes na sua composição, que vão desde a cafeína, ginseng, guaraná, taurina, glucoronolactona, *Ginkgo biloba*, sinefrina, efedrina, yohimbina à evodiamina.<sup>31,32</sup> Algumas destas substâncias nas concentrações apresentadas podem ser consideradas *doping*.<sup>31</sup>

O potencial ergogénico das bebidas energéticas está associado essencialmente à presença de glícidos e cafeína, sendo o potencial de muitas das outras substâncias desconhecido.<sup>32</sup> Estas bebidas podem provocar taquicardia, arritmias, aumento da pressão arterial, aumento da diurese, alterações do sono, hiperglicémia, convulsões, obesidade e mania.<sup>31</sup> Assim sendo, a sua ingestão na generalidade não está recomendada, especialmente para crianças e adolescentes.<sup>31</sup>

## Cafeína

A cafeína é um antagonista dos receptores de adenosina que leva a alterações da função neuromuscular e da contracção do músculo esquelético, a uma diminuição da glicogenólise durante o exercício e promoção da ressíntese do glicogénio na fase de recuperação.<sup>7,10</sup> Para além disto, leva a um aumento da secreção de  $\beta$ -endorfinas que, pelas suas propriedades analgésicas, levam a uma diminuição da percepção dolorosa.<sup>7,10</sup> Por fim, apresenta vantagens ao nível do estado de *alerta* e do tempo de reacção e conduz a uma resposta termogénica.<sup>7,10,32</sup>

Assim sendo, a cafeína diminui a percepção de esforço, fadiga e dor, e permite que o exercício se mantenha numa intensidade máxima durante mais tempo.<sup>5,12</sup>

A cafeína leva então a um aumento do desempenho, sendo benéfica em exercícios anaeróbios que durem 4-180 segundos, exercícios de 1-60 minutos, *endurance*, força e potência e desportos de actividade intermitente como desportos de equipa, raquetes ou combate.<sup>3,7,10,12,32</sup>

A cafeína atinge o pico de concentração sanguínea nos 15-45 minutos após a ingestão, havendo



posteriormente metabolização hepática, originando os seus metabolitos estimulantes, a teofilina e a teobromina.<sup>31</sup>

A cafeína apresenta um maior valor ergogénico quando consumida na sua forma anidra do que na forma de café.<sup>10,32</sup> Para além disto, apresenta um maior benefício em indivíduos que habitualmente não consomem café, sendo que nestes os efeitos da cafeína chegam a durar mais 3 horas do que em indivíduos já habituados ao seu consumo.<sup>10</sup> Assim sendo, a abstenção de bebidas com cafeína uns dias antes do evento pode maximizar os efeitos no desempenho.<sup>7</sup>

A cafeína poderá ser ingerida cerca de 3-6 mg/kg, 15-30 minutos antes do exercício mas preferencialmente antes de uma competição.<sup>7,10</sup> Doses acima destas não resultam num maior aumento do desempenho, podendo até ser consideradas doping por algumas associações desportivas.<sup>10</sup>

Como efeitos secundários, geralmente para doses a partir de 250 mg, pode haver insónia, nervosismo, inquietação, irritação gástrica, náuseas e vômitos, taquicardia, tremores e ansiedade.<sup>32</sup>

## Bicarbonato de sódio

O bicarbonato é um tampão extracelular que regula o pH, diminuindo a acumulação de H<sup>+</sup> e CO<sub>2</sub> a nível muscular e sanguíneo, aumentando o desempenho.<sup>3,7</sup>

O bicarbonato melhora o desempenho em exercícios que de outra forma seriam limitados por alterações ácido-base devido aos elevados índices de glicólise anaeróbia.<sup>5</sup> É eficaz em exercícios de alta intensidade que durem entre 1-7 minutos (como os 400-800m de atletismo ou 100-200m de natação), em sprints repetidos de alta intensidade e em sprints de alta intensidade durante exercícios de *endurance*.<sup>3,5,7</sup>

O pico de concentração dá-se 1h depois da ingestão e estabiliza aos 90 minutos após a ingestão.<sup>7</sup>

Por forma a evitar desconfortos gastrintestinais deve ser ingerido 60-180 minutos antes do exercício, numa dose de 0,3 g/kg, podendo ser também ingerido em múltiplas doses com menor quantidade e com uma refeição rica em glícidos e líquidos.<sup>7,12</sup>

## β-alanina

A β-alanina pode ser encontrada em alimentos como o peixe e a carne, sendo precursora da carnosina.<sup>7,9,33</sup>

A carnosina é um dipéptido composto pela L-histidina e pela própria β-alanina e é um dos tampões musculares intracelulares primários, representando até 40% da capacidade tampão do músculo.<sup>3,33</sup>

Não se utiliza como suplemento a carnosina directamente uma vez que a enzima que a degrada,

a carnosidase, está presente em vários tecidos humanos, excepto no músculo esquelético, o que faria com que a carnosina fosse degradada antes de atingir o alvo.<sup>33</sup>

A ingestão de  $\beta$ -alanina atenua assim a fadiga neuromuscular, a acidose induzida pelo exercício (tendo maior eficácia do que o bicarbonato), participa na regulação do cálcio e actua como um antioxidante, diminuindo a libertação de espécies reactivas de oxigénio.<sup>9,33</sup>

A  $\beta$ -alanina, à semelhança do bicarbonato, melhora então o desempenho em exercícios que são limitados por alterações ácido-base devido aos elevados índices de glicólise anaeróbia.<sup>5</sup>

É particularmente eficaz em exercícios anaeróbicos e em exercícios que durem entre 1-4 minutos (como o contra-relógio), podendo aumentar a capacidade para o treino e o desempenho.<sup>5</sup>

As doses recomendadas são de 4-6 g/dia, divididas em doses de 2g ou menos, pelo menos 2 semanas.<sup>33</sup> Para aumentar mais rapidamente os níveis de carnosina, poder-se-ão ingerir 6g/dia divididas em 4 doses.<sup>33</sup>

Os níveis intracelulares de carnosina aumentam a partir da 4ª semana de suplementação, mas a partir da 2ª semana já está documentado um aumento do desempenho.

Deve ser ingerida com uma refeição com glícidos e proteínas.<sup>7</sup> A  $\beta$ -alanina é segura nas doses recomendadas, tendo como efeito secundário parestesias, que duram em geral até 60-90 minutos após a ingestão.<sup>33</sup> Nestas situações recomenda-se a divisão da ingestão em doses repetidas mais baixas, a utilização de fórmulas de libertação prolongada ou a diminuição da dose total para 1.6 g/dia.<sup>7,33</sup> Poderão ser necessárias 6-20 semanas para voltar aos níveis basais de carnosina após a paragem na suplementação.<sup>12</sup>

A associação de  $\beta$ -alanina à creatina apresenta melhores resultados do que a creatina por si só.<sup>3,30</sup>

## HMB ( $\beta$ -hidroxi $\beta$ -metilbutirato)

O HMB é um metabolito da leucina. Existem duas formulações de HMB, o HMB cálcico (HMB-Ca) e o HMB na forma de ácido livre (HMB-FA).<sup>34</sup> O HMB-FA proporciona um maior aumento da absorção plasmática de HMB, contudo está ainda menos estudado, não havendo ainda informações sobre qual trará maior benefício.<sup>34</sup>

A leucina e os seus metabolitos inibem a proteólise causada pelo exercício prolongado e estimulam a síntese proteica, contribuindo para um melhor desempenho, especialmente aeróbico.<sup>3,34</sup> Desta forma, o HMB leva a um aumento da massa muscular, força e potência, bem como a uma diminuição da fadiga.<sup>3,6,34</sup> Associado ao exercício pode levar a maiores perdas de massa gorda.<sup>34</sup>

Estes benefícios são particularmente evidentes em indivíduos não activos fisicamente que vão começar a treinar e em idosos, devendo este suplemento ser utilizado durante pelo menos 3 semanas

nestes casos.<sup>34</sup>

Em atletas os benefícios não são tão evidentes.<sup>3</sup> No entanto, apesar disto, pode ser utilizado na potenciação da recuperação tanto em atletas como em não praticantes habituais de exercício, uma vez que atenua a lesão muscular.<sup>34</sup> No caso de atletas os benefícios podem ser otimizados em utilizações superiores a 6 meses, sendo importante a introdução de novos estímulos no treino, caso contrário os efeitos não serão relevantes.

A dose recomendada é de 1,5-3 g/dia<sup>3,34</sup> ou 3g/dia<sup>6,12</sup> de HMB. O HMB-FA deve ser ingerido 30-60 minutos antes do exercício e o HMB-Ca 60-120 minutos antes do exercício.<sup>34</sup> Para além disto, parece ser mais efectivo quando ingerido nas 2 semanas antes de um exercício no qual a lesão muscular seja previsivelmente maior.<sup>34</sup>

Para atingir estas doses de HMB pela dieta um indivíduo teria de consumir 600g de proteína de alta qualidade, para poder obter 60g de leucina, necessárias para obter 3g de HMB, o que seria impraticável.<sup>6</sup> Desta forma, o aumento dos valores de HMB só é possível com o recurso à suplementação.<sup>6</sup>

A associação de HMB com a creatina pode ser benéfica.<sup>3</sup>

## Nitratos

Os nitratos são reduzidos no sistema digestivo a nitritos e posteriormente a óxido nítrico.<sup>9</sup> Este último, durante o exercício, pode modelar o fluxo sanguíneo, a homeostase de glicose e a cadeia respiratória mitocondrial, bem como modelar a contractibilidade muscular esquelética.<sup>7,9,35</sup> Estas adaptações podem ser relevantes em situações de hipóxia, como é o caso do exercício e mais especificamente do exercício a elevadas altitudes.<sup>7,12</sup>

Os nitratos aumentam assim o desempenho em exercícios de *endurance* e melhoram a tolerância ao exercício, diminuindo a fadiga e atenuando o stress oxidativo.<sup>5,9</sup> A eficácia deste suplemento é, no entanto, menos clara em atletas de alta competição.<sup>5,20</sup>

Podem ser ingeridos pela forma de nitrato de sódio ou de sumo de beterraba.<sup>9</sup>

O sumo de beterraba tem efeitos benéficos em exercícios submáximos com duração entre 5-30 minutos, sendo que o sumo de beterraba contendo 5-7 mmol de nitrato diminui a pressão arterial em repouso e o gasto de oxigénio neste tipo de exercícios, melhorando o desempenho.<sup>7</sup>

Cerca de 80-150 mL de sumo de beterraba (equivalente a 5-9 mmol de nitrato), ingeridos 2-2,5 horas antes do exercício, durante 1-28 dias melhora o desempenho.<sup>7</sup>

Como efeitos adversos, o desconforto gastrointestinal e as alterações da coloração da urina.<sup>5</sup>

## Fosfato de sódio

O fosfato de sódio pode aumentar a captação de oxigénio, aumentando a capacidade aeróbica máxima e o limiar anaeróbico.<sup>3</sup> Desta forma, contribui para um aumento do desempenho.<sup>3</sup>

Poderá ser utilizada uma dose de 1g, 4 vezes ao dia, durante 3-6 dias.<sup>3</sup>

Creatina associada ao fosfato de sódio leva a um aumento da resistência.<sup>30</sup>

## Suplementos médicos

Englobam os suplementos de ferro, cálcio, vitamina D, multivitamínicos e os ácidos gordos ómega 3.<sup>5</sup> Podem ser utilizados na prevenção ou tratamento de deficiências nutricionais.<sup>5</sup>

Contudo, nenhuma vitamina ou mineral é responsável, à luz do conhecimento actual, pelo aumento do desempenho.<sup>3</sup>

A vitamina D regula o sistema imunitário, a saúde cardiovascular, o crescimento e a reparação muscular e pode ser importante na manutenção da saúde óssea, no controlo da homeostase do cálcio e na força muscular.<sup>9,12,36</sup>

Nos casos das vitaminas C e E, estas poderão diminuir o *stress* oxidativo, podendo levar a uma melhor tolerância ao treino.<sup>3</sup> A vitamina C poderá ainda contribuir para a manutenção de um sistema imunitário saudável durante treinos intensos.<sup>3</sup>

## Glucosamina e Condroetina

Descritas por diminuírem a degeneração das cartilagens e diminuírem o grau de dor nas articulações em indivíduos fisicamente activos.<sup>3</sup>

		<i>Dose</i>	<i>Altura da ingestão</i>	<i>Duração</i>	<i>Efeito a partir de:</i>	<i>Washout após:</i>	<i>Maiores benefícios quando:</i>	
<i>Creatina</i>	Dose de carga	0,3 g/kg/dia	Pós-exercício, associado a refeições	<ul style="list-style-type: none"><li>• Primeiros 3 dias</li><li>• Durante 5-7 dias</li></ul>	2 semanas		+ glícidos e proteínas	+ β-alanina e fosfato de sódio
	Dose de manutenção	0,03 g/kg/dia		A partir do 4º/8º dia				
<i>Proteínas</i>	<b>Aminoácidos de cadeia ramificada</b>	6-10/12 g/hora (razão leucina: isoleucina: valina de 2/3:1:1g)	-antes -durante e -após o exercício				+ bebidas desportivas + glícidos	
	<b>Aminoácidos Essenciais</b>	6 - 12/20 g	-antes e/ou -nas 3 horas após o exercício					
	<i>Whey</i>	20g	3/3 horas pós-exercício				+ caseína + aminoácidos de cadeia ramificada	
<i>Cafeína</i>		3-6 mg/kg	15-30 minutos antes do exercício	-	15-45 minutos após a ingestão			
<i>Bicarbonato de Sódio</i>		0,3 g/kg em múltiplas doses	60-180 minutos antes do exercício, em refeições	1-3 dias	1-3 horas após ingestão			
<i>B-alanina</i>		4-6 g/dia, divididas em doses de 2g ou menos	Refeições	4-10 semanas	2 semanas	6-20 semanas	+ creatina	
<i>HMB</i>		1,5-3 g/dia <ul style="list-style-type: none"><li>• Início: 2 semanas antes do exercício</li></ul>	✓ HMB-FA: 30-60 minutos antes do exercício ✓ HMB-Ca: 60-120 minutos antes do exercício	Indivíduos não activos fisicamente e idosos: ≥ 3 semanas após o exercício			+ creatina	
				Atletas: ≥ 6 meses				
<i>Nitratos</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sumo de beterraba</li></ul>	80-150 mL (5-9 mmol de nitrato)	2-2,5h antes do exercício	1-28 dias				
<i>Fosfato de Sódio</i>		1g, 4 vezes ao dia		3-6 dias			+ creatina	

**Tabela 5.** Indicações para os diversos tipos de suplementação.<sup>3,6,7,9,10,12,22,28,30,34</sup>

## Comida desportiva

Engloba diversas categorias desde barras, géis, suplementos de electrólitos, pós de substituição de refeições ou suplementos de refeições líquidas.<sup>3,5</sup>

Estes representam opções práticas para atingir os objectivos nutricionais, especialmente quando o acesso a alimentos, oportunidades de consumir nutrientes ou problemas gastrintestinais tornam difícil o consumo de alimentos e bebidas tradicionais.<sup>5</sup>

No entanto, são mais caros que a alimentação tradicional e podem ser usados desnecessariamente ou em protocolos inadequados.<sup>5</sup>

Os pós de substituição de refeições e suplementos prontos a beber representam a maior fracção de vendas no sector e possuem constituições diversas.<sup>3</sup> No entanto, não são uma boa opção ao nível da segurança.<sup>3</sup>

Os pós para ganho de peso proporcionam um aumento de peso não só pelo aumento da massa magra como também da massa gorda, não sendo uma boa opção.<sup>3</sup>

## Riscos da suplementação

Os riscos englobam a ausência de ingredientes activos, a presença de agentes microbiológicos, de contaminação por agentes tóxicos (metais pesados por exemplo) e a presença de substâncias como os esteróides ou estrogénios, bem como de outros nutrientes banidos ou proibidos.<sup>3,20,37</sup>

Para além disto, as doses utilizadas pelos atletas muitas das vezes é superior à dose recomendada, potenciando o aparecimento de efeitos adversos.<sup>20</sup>

## Timing da ingestão dos suplementos

<i>Altura da ingestão</i>	<i>Glicídios</i>	<i>Proteínas</i>	<i>Creatina</i>	<i>Bebidas desportivas</i>	<i>Cafeína</i>	<i>Bicarbonato de sódio</i>	<i>B-alanina</i>	<i>HMB</i>	<i>Nitratos</i>	<i>Fosfato de sódio</i>
<i>Pré-exercício</i>	Sim	Sim	-	-	15-30 minutos antes	60-180 minutos antes	-	HMB-FA: 30-60 minutos antes HMB-Ca: 60-120 minutos antes	2-2.5h antes	4x ao dia
<i>Durante</i>	Sim	(BCAA)	-	Sim	-	-	-	-	-	
<i>Pós-exercício</i>	Sim	Sim	Sim	-	-	-	-	-	-	
<i>Refeições</i>	Sim	Sim	Sim	-	-	Sim	Sim	-	sim	
<i>Antes de ir dormir</i>	-	Sim	-	-	-	-	-	-	-	

**Tabela 6.** Altura da ingestão dos suplementos.<sup>3,7,12,34</sup> BCAA – aminoácidos de cadeia ramificada.

		<i>Glicídios</i>	<i>Aminoácidos de cadeia ramificada</i>	<i>Aminoácidos essenciais</i>	<i>Whey</i>	<i>Caseína</i>	<i>Soja</i>	<i>Creatina</i>	<i>Bebidas desportivas</i>	<i>Cafeína</i>	<i>Bicarbonato de sódio</i>	<i>B-alanina</i>	<i>HMB</i>	<i>Nitratos</i>	<i>Fosfato de sódio</i>
<i>Anaeróbios</i>	Anaeróbios de curta duração							✓				✓			✓
	4-180 segundos									✓		✓			✓
1-4 minutos • <i>Contra-relógio</i>												✓			
1-7 minutos • 400-800m de atletismo • 100-200m de natação											✓				
5-30 minutos														✓	
1-60 minutos										✓					
<i>Aeróbico</i>			✓										✓		✓
<i>Endurance</i>		✓			✓					✓	✓	✓		✓	
<i>Força / Potência</i>			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		
<i>Desportos de actividade intermitente</i> • <i>Equipa</i> • <i>Raquete</i> • <i>Combate</i>								✓		✓	✓				
<i>Desempenho</i>		✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Massa muscular</i>			✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓		
<i>Diminuição de lesões musculares</i>								✓					✓		
<i>Diminuição da fadiga</i>			✓		✓					✓			✓	✓	

**Tabela 7.** Utilização de suplementos de acordo com o tipo de desporto e diferentes potenciais ergogénicos. <sup>1,3,5,7-10,12,24,25,32,34</sup>



1. Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2007;4(1):8. doi:10.1186/1550-2783-4-8.
2. Camera DM, Smiles WJ, Hawley JA. Exercise-induced skeletal muscle signaling pathways and human athletic performance. *Free Radic Biol Med.* 2016;98:131-143. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.007.
3. Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *J Int Soc Sport Nutr.* 2010;7:7. doi:10.1186/1550-2783-7-7.
4. Guyton AC, Hall JE. Sports Physiology. In: *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology.* 20th ed. Saunders/Elsevier; 2011:1031-1041.
5. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet.* 2016;116(3):501-528. doi:10.1016/j.jand.2015.12.006.
6. Becker LK, Pereira AN, Pena GE, Emerson Cruz Oliveira, Silva ME. Efeitos da suplementação nutricional sobre a composição corporal e o desempenho dos atletas: uma revisão. *Rev Bras Nutr Esportiva.* 2016;10(55):93-111. doi:ISSN 1981-9927.
7. Naderi A, Oliveira EP de, Ziegenfuss TN, Willems MET. Timing, optimal dose and intake duration of dietary supplements with evidence-based uses in sports nutrition. *J Exerc Nutr Biochem.* 2016;44(0):1-42.
8. Zoorob R, Parrish MEE, O'Hara H, Kalliny M. Sports nutrition needs before, during, and after exercise. *Prim Care - Clin Off Pract.* 2013;40(2):475-486. doi:10.1016/j.pop.2013.02.013.
9. Beck KL, Thomson JS, Swift RJ, von Hurst PR. Role of nutrition in performance enhancement and postexercise recovery. *Open access J Sport Med.* 2015;6:259-267. doi:10.2147/OAJSM.S33605.
10. Goldstein ER, Ziegenfuss T, Kalman D, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010;7(1):5. doi:10.1186/1550-2783-7-5.
11. Kerksick C, Harvey T, Stout J, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: Nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr.* 2008;5(1):17. doi:10.1186/1550-2783-5-17.

12. Close GL, Hamilton DL, Philp A, Burke LM, Morton JP. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radic Biol Med.* 2016;98:144-158. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016.
13. Mclain T a, Escobar K a, Kerksick CM. Protein Applications in Sports Nutrition - Part I: Requirements, Quality, Source, and Optimal Dose. *Strength Cond J.* 2015;37(2):61-71. doi:10.1519/SSC.0000000000000128.
14. Hoffman JR, Falvo MJ. Protein - Which is best? *J Sport Sci Med.* 2004;3(3):118-130.
15. Babault N, Deley G, Le Ruyet P, Morgan F, Allaert FA. Effects of soluble milk protein or casein supplementation on muscle fatigue following resistance training program: a randomized, double-blind, and placebo-controlled study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014;11(1):36. doi:10.1186/1550-2783-11-36.
16. La Bounty PM, Campbell BI, Wilson J, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: meal frequency. *J Int Soc Sports Nutr.* 2011;8(1):4. doi:10.1186/1550-2783-8-4.
17. Slater G, Rice A, Jenkins D, Hahn A. Body mass management of lightweight rowers: nutritional strategies and performance implications. *Br J Sports Med.* 2014;1-7. doi:10.1136/bjsports-2014-093918.
18. Churchward-Venne TA, Holwerda AM, Phillips SM, van Loon LJC. What is the Optimal Amount of Protein to Support Post-Exercise Skeletal Muscle Reconditioning in the Older Adult? *Sport Med.* 2016;46(9):1205-1212. doi:10.1007/s40279-016-0504-2.
19. Maughan RJ, Shirreffs SM. Nutrition for sports performance: issues and opportunities. *Proc Nutr Soc.* 2012;71(1):112-119. doi:10.1017/S0029665111003211.
20. Maughan RJ. Risks and Rewards of Dietary Supplement Use by Athletes. In: *The Encyclopaedia of Sports Medicine*. An IOC Medical Commission Publication, Volume 19; 2014:1-10. doi:10.1002/9781118692318.ch23.
21. Knapik JJ, Steelman RA, Hoedebecke SS, Austin KG, Farina EK, Lieberman HR. Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med.* 2016;46(1):103-123. doi:10.1007/s40279-015-0387-7.
22. Pasiakos SM, McLellan TM, Lieberman HR. The Effects of Protein Supplements on Muscle Mass, Strength, and Aerobic and Anaerobic Power in Healthy Adults: A Systematic Review. *Sport Med.* 2014;45(1):111-131. doi:10.1007/s40279-014-0242-2.
23. Cruzat VF, Krause M, Newsholme P. Amino acid supplementation and impact on

- immune function in the context of exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014;11(1):61. doi:10.1186/s12970-014-0061-8.
24. Salinas-García ME, Martínez-Sanz JM, Urdampilleta A, Mielgo-Ayuso J, Navarro AN, Ortiz-Moncada R. Efectos de los aminoácidos ramificados en deportes de larga duración: Revisión bibliográfica. *Nutr Hosp.* 2015;31(2):577-589. doi:10.3305/nh.2015.31.2.7852.
  25. Monirujjaman M, Ferdouse A. Metabolic and physiological roles of branched-chain amino acids. *Adv Mol Biol.* 2014;2014:1-6. doi:10.1155/2014/364976.
  26. Sowers S. A Primer On Branched Chain Amino Acids. *Lit Educ Diet Suppl.* 2009;(5):1-6.
  27. Cheng I-S, Wang Y-W, Chen I-F, Hsu G-S, Hsueh C-F, Chang C-K. The Supplementation of Branched-Chain Amino Acids, Arginine, and Citrulline Improves Endurance Exercise Performance in Two Consecutive Days. *J Sports Sci Med.* 2016;15(3):509-515.
  28. Escobar KA, McLain TA. Protein Applications in Sports Nutrition—Part II: Timing and Protein Patterns, Fat-Free Mass Accretion, and Fat Loss. *Strength Cond J.* 2015;37(3):1-13. doi:10.1519/SSC.0000000000000138.
  29. Devries MC, Phillips SM. Supplemental protein in support of muscle mass and health: Advantage whey. *J Food Sci.* 2015;80(S1):A8-A15. doi:10.1111/1750-3841.12802.
  30. Buford TW, Kreider RB, Stout JR, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sport Nutr.* 2007;4:1-8. doi:10.1186/1550-2783-4-Received.
  31. Ribeiro B. Bebidas desportivas e bebidas energéticas. *Rev Med Desportiva Inf.* 2013;4(5):14-16.
  32. Campbell B, Wilborn C, La Bounty P, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(1):1. doi:10.1186/1550-2783-10-1.
  33. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, et al. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12(1):30. doi:10.1186/s12970-015-0090-y.
  34. Wilson JM, Fitschen PJ, Campbell B, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB). *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10(1):6. doi:10.1186/1550-2783-10-6.
  35. Suzuki T, Morita M, Kobayashi Y, Kamimura A. Oral L-citrulline supplementation enhances cycling time trial performance in healthy trained men:

- Double-blind randomized placebo-controlled 2-way crossover study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2016;13(1):6. doi:10.1186/s12970-016-0117-z.
36. White JH. Vitamin D metabolism and signaling in the immune system. *Rev Endocr Metab Disord.* 2012;13(1):21-29. doi:10.1007/s11154-011-9195-z.
37. Plotan M, Elliott CT, Frizzell C, Connolly L. Estrogenic endocrine disruptors present in sports supplements. A risk assessment for human health. *Food Chem.* 2014;159:157-165. doi:10.1016/j.foodchem.2014.02.153.